

Öllykasvien ja sokerijuurikkaan viljelyn yhteys peltosirkun
(*Emberiza hortulana*) kannankehitykseen Suomessa vuosina
2001–2018

Ekologian ja evoluutiobiologian maisterintutkielma

Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta

Heikki Ajosenpää

Lokakuu 2020

Tiedekunta – Fakultet – Faculty Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Biologian koulutusohjelma	
Tekijä – Författare – Author Heikki Ajosempää			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Öljykasvien ja sokerijuurikkaan viljelyn yhteys peltosirkun (<i>Emberiza hortulana</i>) kannankehitykseen Suomessa vuosina 2001-2018			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Ekologia ja evoluutiobiologia/Biologian opettajan suuntautumisvaihtoehto			
Työn laji – Arbetets art – Level Pro gradu -tutkielma		Aika – Datum – Month and year Lokakuu 2020	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 30
Tiivistelmä – Referat – Abstract			
<p>Maatalousympäristö on muuttunut voimakkaasti ihmistoiminnan vaikutuksesta. Viime vuosikymmeninä on havahduttu monien maatalousympäristönlajien taantumiseen ja uhanalaistumiseen maailmanlaajuisesti. Monimuotoisuus on vähentynyt ja tehostunut maataloustuotanto aiheuttaa monia uhkia peltolinnustolle. Vaikka monia syitä on tunnistettu peltolintujen ahdingon aiheuttajiksi, niin yksittäisten lajien vähenemisen taustalla olevia syitä ei usein tunneta riittävän tarkasti. Elinympäristöjen laadun heikkenemisen ja katoamisen, keinolannoitteiden käytön sekä kasvinsuojeluaineiden tiedetään vähentävän peltolintujen kantoja.</p> <p>Torjunta-aineiden haitallisuus myös muille kuin niiden varsinaisille kohde-eliöille on ollut tiedossa pitkään. Tehoaineista on kehitetty vähemmän myrkyllisiä, mutta niiden kertyminen ja leviäminen pelloilta elinympäristöön ja muihin eliöihin aiheuttaa ongelmia. 1990-luvulla tuhohyönteisten torjuntaan kehitettiin neonikotinoideja, joiden käyttö yleistyi nopeasti maailmanlaajuisesti. Suomessa neonikotinoideja on käytetty pääasiassa siementen käsittelyyn peittaamalla, eli siemenen pinnoittamiseen torjunta-aineella. Neonikotinoideilla peitattua on käytetty öljykasveilla ja sokerijuurikkaalla. Ulkomaisissa tutkimuksissa on todettu näiden torjunta-aineiden aiheuttavan haittoja muillekin eliöryhmille kuin torjuttaville tuhohyönteisille. Tuloksia on saatu myös niiden yhteydestä peltolintujen taantumiseen. Suomessa asiaa ei ole tutkittu peltolinuilla, mutta on todisteita, että neonikotinoideja löytyy linnuista.</p> <p>Linnut ovat hyviä indikaattorilajeja maatalousympäristössä tapahtuville muutoksille. Yksi voimakkaimmin taantuneista lajeista on avoimessa peltomaisemassa ruokaileva ja pesivä peltosirkku <i>Emberiza hortulana</i>. Sen uhanalaisuusluokitus Suomessa on nostettu äärimmäisen uhanalaiseksi, ja sen kanta on pienentynyt myös muualla Euroopassa. Lähitulevaisuudessa sen on ennustettu kuolevan Pohjois-Euroopassa sukupuuttoon, ellei tunnisteta kannankehitykseen vaikuttavia syitä.</p> <p>Tässä tutkimuksessa selvitetään öljykasvien ja sokerijuurikkaan peittauksessa käytettyjen neonikotinoidien yhteyttä peltosirkun kannankehitykseen. Tavoitteena on lisätä tietoa peltolintujen kantoihin vaikuttavista tekijöistä. Aineisto on kerätty peltolintulaskentojen yhteydessä kattavasti peltosirkun esiintymisalueilta eri puolilta Suomea vuosina 2000-2018. Peltosirkkureviirejä havaittiin yhteensä 4430, jotka jaettiin tutkimuksessa neljään maantieteelliseen alueeseen: 1) Pohjanmaa, 2) Etelä-Häme, 3) Lounais-Suomi ja 4) Uusimaa. Paikkatietoaineistossa muodostettiin 277 kpl peltosirkulle ominaista lauluryhmää eli osapopulaatiota, ja tutkittiin lajille tärkeiden elinympäristömuuttujien mahdollisia vaikutuksia lajin reviirimääriin.</p> <p>Elinympäristömuuttujia olivat pienpiirteisten maisemaelementtien määrä (tien-, ojan- ja joenpientareet), viljelykasviryhmien monimuotoisuus, rakennusten määrä, maantieteellinen alue, peltotalan osuus maisematasolla, keväällä kasvipeitteettömän peltotalan osuus sekä edellisessä lämpötila ja sademäärä. Kiinnostuksen kohteena olivat erityisesti edellisenä kesänä viljeltyjen, neonikotinoideilla peitattujen öljykasvien ja sokerijuurikkaan määrät. Näiden tekijöiden vaikutusta peltosirkun reviireihin selvitettiin R-ohjelmiston avulla sovittamalla aineistoon yhdeksän erilaista yleistettyä lineaarista sekamallia. Malleista valittiin neljä parasta, jotka keskiarvoistettiin luonnollisen keskiarvon menetelmällä.</p> <p>Peltosirkun reviirien määrää selittäviksi tekijöiksi saatiin viljelyalan osuus maisemassa, maantieteellinen alue, jokien pituus, lämpötila, vuosi sekä neonikotinoideilla peitattujen kasvien osuus. Mallilla laskettiin ennusteet kolmella eri peitattujen kasvien osuuksilla (matala, keskimääräinen tai korkea) jokaiselle neljälle osa-alueelle. Peitattujen kasvien (öljykasvit ja sokerijuurikas) osuudella ja peltosirkun reviirien määrällä on heikko negatiivinen korrelaatio jokaisella maantieteellisellä osa-alueella. Alueiden reviirimäärät muuttuivat synkronisesti eri peittaustasoilla.</p> <p>Tämän tutkielman tulosten perusteella öljykasvien ja sokerijuurikkaan viljelyllä on heikko yhteys peltosirkun reviirimääriin. Aineiston perusteella ei voi aukottomasti todeta, että synnä olisivat yksinomaan neonikotinoidit. Tiedetään, että ne aiheuttavat peltosirkun kaltaisille lajeille oireita, jotka voisivat selittää huonoa poikastuottoa, tai että yksilöt eivät selviä muuttomatkaltaan. Tulos nostaa esiin saman tärkeän asian, joka on todettu aiemminkin peltosirkun ja monen muun taantuvan lajin kohdalla. Emme tunne lajin käyttäytymistä ja populaatiobiologiaa riittävän hyvin, jotta voisimme nopeilla toimenpiteillä maatalousympäristössä kääntää kannankehityksen suunnan. Peltosirkun pesimämenestykseen liittyviä syitä tulisi tutkia lisää. Torjunta-ainejäämien tutkiminen voisi selittää peltosirkun kohdalla huonoa pesimätulosta. Tällaiselle tutkimukselle olisi tilausta laajemminkin, sillä tietoa kasvinsuojeluaineiden yhteisvaikutuksesta maatalousympäristön eliölajiin ei ole.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Peltosirkku, <i>Emberiza hortulana</i> , neonikotinoidit, peltolintujen ekologia, viljelyn ympäristövaikutukset, öljykasvit, sokerijuurikas			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Markus Piha, Sirke Piirainen			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Viikin tiedekirjasto, Ekologian ja evoluutiobiologian osasto			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO	1
1.1 Öljykasvien ja sokerijuurikkaan viljelyssä käytetyt peittäusaineet	2
1.2 Peltosirkun biologia ja kannankehitys	5
1.3 Tutkielman tavoite.....	7
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	8
2.1 Tutkimusalue	8
2.2 Lintulaskennat	9
2.3. Elinympäristömuuttujat.....	10
2.4 Tilastolliset analyysit.....	11
3. TULOKSET	13
4. TULOSTEN TARKASTELU	16
4.1 Peltosirkun kannankehitykseen vaikuttavat tekijät	16
4.2. Öljykasvien yhteys reviiirimääriin.....	16
4.3. Vaihtoehtoiset hypoteesit ja mahdolliset virhelähteet.....	17
4.4 Maatalouden muutokset	19
4.5 Johtopäätökset	20
5. KIITOKSET	21
6. LÄHDEVIITTEET.....	22

1. JOHDANTO

Maatalousympäristön eliölajisto on muuttunut voimakkaasti viime vuosikymmeninä (Wilson ym. 1999). Monimuotoisuus on vähentynyt kiihtyvällä tahdilla, minkä taustalla on maatalouden tehostuminen sekä elinympäristön muutos ja katoaminen (Krebs ym. 1999, Benton 2002). Tehostumisen myötä viljelykasvien valikoima on kaventunut ja viljelylohkot tulleet suuremmiksi (Niskanen & Lehtonen 2014). 1960-luvulta alkaneen nk. vihreän vallankumouksen alussa käytetyt torjunta-aineet olivat myrkyllisiä monille eliöryhmille. Nykyään torjunta-aineiden suora tappava vaikutus muille kuin tuholaisille on käyttörajoitusten myötä pienentynyt. Kuitenkin torjunta-aineiden ja niiden hajoamistuotteiden leviäminen ympäristöön ja kertyminen maaseutuympäristön eliöihin aiheuttaa edelleen huolta (Potts ym. 1986, Eng ym. 2019). Herbisidien, eli rikkakasvien torjunta-aineiden, käyttö vaikuttaa eliöihin myös epäsuorasti, koska ne vähentävät pellolla tarjolla olevaa siemen- ja hyönteisravinnon määrää. Herbisidien käyttö vähentää tarjolla olevan siemen- ja hyönteisravinnon määrää (Taylor ym. 2006, Goulson 2014).

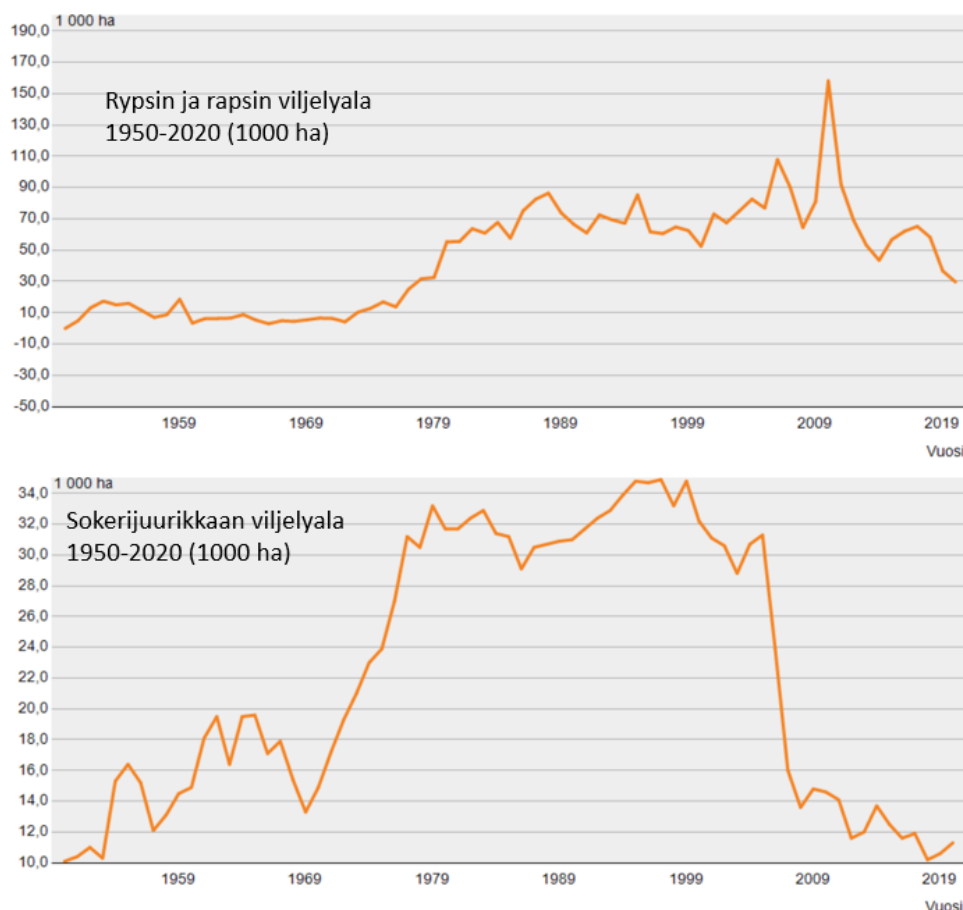
Monien pelloilla elävien lintulajien uhanalaisuus on lisääntynyt tehostuneen maatalouden myötä (Green ym. 2005). Linnut ovat hyviä indikaattoreita maatalousympäristössä tapahtuville muutoksille, sillä ne ovat kookkaita, helposti havaittavia ja pitkäikäisiä eliöitä. Moniin muihin eliöryhmiin verrattuna lintujen kannanmuutokset tunnetaan melko hyvin. Kannanseurannan lisäksi monen lajin kohdalla tunnetaan lajin säilymistä uhkaavia tekijöitä ja suosituksia suojelutoimista (Tucker & Heath 1994). Suomessa peltolintuja on tutkittu jo sadan vuoden ajan ja lintukannoista on melko hyvät tiedot (Vepsäläinen 2007). Maatalousympäristön linnut ovat runsastuneet tai vähentyneet ekologisesta ryhmästä riippuen (Tiainen & Pakkala 2001). Maalintujen seuranta-aineistoihin perustuvan peltolintuindeksin mukaan peltolintujen kannat ovat pienentyneet 40 % välillä 1980–2015 (MA9 Maatalousympäristöjen pesimälinnut).

Yksi voimakkaimmin taantuneista peltolinnuista on peltosirkku (*Emberiza hortulana*), joka tuoreimmassa uhanalaisuuskatsauksessa luokiteltiin Suomessa äärimmäisen uhanalaiseksi (Hyvärinen ym. 2019). Tämän aiemmin tyypillisen ja yleisen peltolinnun kannasta 98 % on hävinnyt 31 vuodessa (Väisänen & Lehikoinen 2013). Peltosirkun esiintyminen indikoi hyvälaatuaista ympäristöä peltolinnuston avomaalajeille. Tai toisaalta, sen katoaminen alueelta kielii tehostuneen maatalouden aiheuttamista muutoksista maatalousympäristössä (Vepsäläinen ym. 2007). Tutkielmassani selvitän tiettyjen viljelykasvien yhteyttä peltosirkun kannan romahdukseen.

1.1 Öljykasvien ja sokerijuurikkaan viljelyssä käytetyt peittausaineet

Suomessa viljeltävät tärkeimmät öljykasvit ovat ristikukkaiset (*Brassicaceae*) rypsi ja rapsi, joista valtaosa, noin 93 % on kevätkylvöisiä (LUKE 2020). Syysrypsin ja -rapsin viljelyä rajoittaa kevätiljavaltainen viljelykierto. Siinä vaiheessa, kun syysöljykasvit pitäisi elokuun alussa kylvää, ei keväällä kylvettyjen kasvien satoa ole vielä korjattu. Toinen este on syysöljykasvien talvehtimisen haasteet. Öljykasvien kevätkuotojen haasteena on sirkkataimien hidas kehittyminen viileissä oloissa kasvukauden alussa, ja pääasiassa kirppojen (*Phyllotreta*) muodostama tuholaispaine (VYR 2017). Sokerijuurikkaan viljelyssä kohdataan samat haasteet. Kasvinsuojelussa asia on ratkaistu peittamalla kylvösiemenet, jolloin taimet kestävät paremmin tuholaispainetta. Peittauksella tarkoitetaan siemenen pinnoittamista torjunta-aineen ja sopivan apuaineen seoksella. Sen sijaan syyskylvöisillä öljykasveilla peittäminen ei ole välttämätöntä, koska loppukesästä taimettuminen on nopeaa. Syysöljykasvien taimille etanat (mm. *Agriolimacidae*) ovat kirppoja suurempi uhka. 1990-luvun lopulla Suomessa uudentyyppisten peittausaineiden käyttö yleistyi kevätoljykasvien ja sokerijuurikkaan viljelyssä nopeasti. Peittausaineet sisälsivät neonikotinoideiksi kutsuttuja tuholaistorjunta-aineita.

Sokerijuurikkaan, rypsin ja rapsin viljelyalat Suomessa ovat vaihdelleet (kuva 1). Viime aikoina molempien viljelyalat ovat pienentyneet huippuvuosista. Syysöljykasvien suosio on kuitenkin kasvussa, vaikka muuten viljelijöiden kiinnostus öljykasvien viljelyyn on vähentynyt (MTK 2020). Muiden öljykasvien, kuten öljypellavan, auringonkukan, öljyhampun tai keltasinapin viljelyalat ovat erittäin vähäisiä (LUKE 2020).



Kuva 1. Öljykasvien ja sokerijuurikkaan viljely Suomessa vuosina 1949-2019. Suomen kokonaispeltoviljelyala on noin 2 miljoonaa hehtaaria. Lähde: LUKE, Käytössä oleva maatalousmaa, 2020.

Neonikotinoidit vaikuttavat hyönteisten keskushermostoon lamauttavasti, sitoutumalla tehokkaasti välittäjäaineena toimivan asetyylikoliinin nikotiinireseptoriin. Selkärangaisilla neonikotinoidit eivät sitoudu vastaavasti (Hallmann 2014). Neonikotinoidien vaikutustapa on systeeminen eli tehoaine liikkuu kasvin nestevirtausten mukana ja suojaa myös kehittyvät kasvinosat tuholaisilta. Kasvuston kehittyessä tuholaiistorjuntakertoja ei tarvitse uusia, koska aiemmat käsittelyt suojaavat kasvia. Systeeminen vaikutustapa mahdollistaa torjunnan tekemisen sellaiseen aikaan, jolloin hyötyeliöt, kuten pölyttäjät, eivät ole kasvustossa. Useimpien insektisidien, eli tuhohyönteisten torjunta-aineiden, pitää olla kontaktissa tuholaiseen, jolloin torjunta on tehtävä ajankohtana, jolloin hyönteiset ovat aktiivisia. Tuholaisten ohella menetetään siten myös hyödyllisiä lajeja, esimerkiksi pölyttäjähönteisiä. Nämä edellä esitetyt neonikotinoidien ominaisuudet sopivat mainiosti IPM-viljelyn (integrated pest management) ajatteluun, jossa viljelijän tulee huomioida viljelytoimet koko peltoekosysteemin näkökulmasta (Alanko ym. 2014). Yksi neonikotinoidien suosiota lisännyt tekijä onkin ollut helppokäyttöisyys. Tuholaiistorjunnassa on pärjätty pitkälle jo siemenen pakkaamisen yhteydessä tehdyllä peittauksella ja kasvustoruiskutuksia on voitu vähentää (Jetsche 2011). Neonikotinoidivalmisteita on myös kasvustoon ruiskutettavina

insektisideinä ja niitä käytetään peittausaineiden ohella monille viljelykasveille. Tyypillisimmät neonikotinoidien tehoaineita ovat esimerkiksi imidaklopridi, tiametoksaami, klotiadiini, asetamipridi ja tiaklopridi, ja niille on useita käyttökohteita ja muotoja. Niille on ominaista, että ne vaikuttavat tehokkaasti jo pieninä pitoisuuksina kohde-eliöihin (Goulson 2013).

Suomessa neonikotinoidit tulivat käyttöön peittausaineina viime vuosituhaten taitteessa [imidaklopridi 1997, tiametoksaami 2000, klotiadiini 2008] (Hokkanen 2017). Ketola ym. (2015) on arvioinut, että 2000-luvun alussa vuosittain noin 7 % öljykasveista kylvettiin ilman peittautusta. Kun huomioidaan syysöljykasvit, joilla peittautusta ei usein tarvita ja luomutuotannossa olevat alat, niin voitaneen yhtyä Hokkasen ym. (2017) näkemykseen, että käytännössä koko kevätölköiden öljykasvien viljelyala (kuva 1) on kylvetty peitatulla siemenellä. Suomessa neonikotinoidien käyttö rajoittuu muutamille viljelykasveille, koska Suomen lyhyessä kasvukaudessa tuholaistorjunnan tarve on vähäisempi kuin pitkän kasvukauden maissa muualla maailmassa. Suomessa niitä käytetään tuholaistorjunnassa peltoviljelyn ohella mm. taimitarhoilla, kasvihuoneissa ja koristekasveilla (Tukes 2018, Tukes: Kasvinsuojelurekisteri).

Neonikotinoidien käyttö runsastui nopeasti niiden tehokkuuden ja helppokäyttöisyyden vuoksi. Torjunta-aineiden käyttömääriä ei kuitenkaan ole viljelykasvi- tai peltokohtaisesti suoraan saatavilla. Tiedot ovat maantieteellisesti hyvin hajanaisia ja tapauskohtaisia. Esimerkiksi maatalouden asiantuntijaorganisaatio ProAgrian Lohkotietopankissa lohko-kohtaiset kasvinsuojelutapahtumat on ryhmitelty mm. kustannuslaskennassa tarvittavien tietojen eikä tehoaineiden mukaisesti. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) seuraa valmisteiden vuosittaisia myyntimääriä. Vaihtelevissa olosuhteissa kaikkia varastoon ostettuja torjunta-aineita ei kuitenkaan aina syystä tai toisesta käytetä maataloilla. Toisinaan aineiden myynti- ja käyttöluvut saatetaan muuttaa nopealla aikataululla. Suomessa myytyjä ja tilastoituja tehoaineita voi palautua myös valmistajille (Ketola ym. 2015). Todellisen kokonaiskäytön selvittämiseksi viljelijöille tehdään kyselyjä. Luonnonvarakeskus on viimeksi vuosina 2013 ja 2018 kerännyt tietoja viljelijöiltä kasvinsuojeluaineiden käytöstä. Öljykasvien peittamiseen käytettyjen neonikotinoidien käyttömäärät olivat vuonna 2013 38,7 g/ha ja vuonna 2018 47,3 g/ha (Pasi Mattila/LUKE, sähköposti 9.4.2020). Öljykasveille käytettyjen pestisidien kokonaismäärät olivat molemmille vuosille 60 g/ha LUKE, Puutarhatilastot 2020). Luku sisältää peittausaineiden lisäksi yleisesti kasvustoon öljykasvien nuppuvaiheessa levitettäviä pyretroidi-valmisteita rapsikuoriaisen (*Meligethes aenus*) torjuntaan. Tuholaisten torjuntaan on rekisteröity myös neonikotinoideja sisältäviä, kasvustoon ruiskutettavia valmisteita. Niiden käyttömääristä ei ole tarkempaa arviota. Tutkimusajalle osuvien viljelijäkyselyiden perusteella voidaan todeta, että peittausaineiden osuudet koko öljykasvien pestisidimäärästä ovat vuodelle 2003 65 % ja vuodelle 2018 79 %. Tilastoidut valmisteiden tai tehoaineiden kokonaiskäyttö- tai myyntimäärät eivät kuvaa eri aineiden vaikutuksia ympäristöön.

Neonikotinoidit hajoavat hitaasti ja vesiliukoisina ne päätyvät pinta- ja pohjavesiin (Hallman 2014). Melko pian neonikotinoidien käytön yleistyttyä huomattiin laajasti haitalliset vaikutukset pölyttäjiin

(Tsvetkov 2017). Vuonna 2013 kolme neonikotinoidivalmistetta asetettiin käyttökieltoon EU asetuksella 485/2013. Suomessa neonikotinoidien käyttö öljykasvien peittausaineena jatkui poikkeuslupan turvin edelleen vuoteen 2018 asti (Tukes 2015). Sokerijuurikkaan siemenet saa edelleen peitata neonikotinoideilla. Tämä päätös perustuu siihen, että sokerijuurikas ei houkuttele pölyttäjiä (Tukes 2018).

On kuitenkin monia esimerkkejä, joissa myös muille eliöryhmille on todettu koituvan haittoja neonikotinoidien käytöstä (Gibbons ym. 2015). Hallman ym. (2014) havaitsivat yhteyden lintukantojen taantumisen ja pintaveden neonikotinoidipitoisuuden kanssa Hollannissa. Vaikka neonikotinoidien ei pitäisi vaikuttaa selkärangaisiin, kuolivat koe-eläiminä käytetyt punapyyt (*Alectoris rufa*) altistuskokeessa imidaklopridille (Lopez-Antia ym. 2015). Pysyvänä yhdisteenä imidaklopridin voi olettaa kertyvän ekosysteemissä ja aiheuttavan ongelmia, vaikka käyttöä on jo rajoitettu. Goulson (2013) listaa useita tutkimuksia, joissa maaperästä on löydetty neonikotinoideja, vaikka käytön ja tutkimuksen välillä saattaa olla useita vuosia. Arviolta vain alle 5 % peittauksessa käytetystä tehoaineesta päätyy suojaamaan viljelykasvia. Pieni osa pölyä ilmaan kylvön yhteydessä ja valtaosa, 94 % jää maahan (Goulson 2013).

Byholm ym. (2018) todistivat ensimmäisenä Suomessa yhteyden öljykasvinviljelyssä käytetyn neonikotinoidin päätyemisestä selkärangaisiin, luonnonvaraisen mehiläishaukan (*Pernis apivorus*) elimistöön. Hokkanen ym. (2017) tutkivat öljykasvien satotasoja ja havaitsivat, että mitä enemmän alueella on viljelty öljykasveja, sitä heikommat sadot niiltä saadaan viljakasveihin verrattuna. Johtopäätöksenä oli, että käytetyt neonikotinoidit vähensivät pölyttäjien määrää, jolloin hyönteispölytteisen kasvin satopotentiaali jäi hyödyntämättä. Eng ym. (2017, 2019) havaitsivat imidaklopridin sekoittavan juovapääsirkkujen (*Zonotrichia leucophrys*) suuntavaistoa muutolle lähdetäessä. Jopa yksittäinen altistus aiheutti myös painonpudotusta ja muutolle lähtö viivästyi (Eng ym. 2019). Neonikotinoidin voi siis olettaa vaikuttavan siemeniä ja hyönteisravintoa syövän muuttolinnun esiintymiseen.

1.2 Peltosirkun biologia ja kannankehitys

Varpuslintuihin kuuluva peltosirkku (*Emberiza hortulana*) on laji, joka pesii ja ruokailee peltomaisemassa. Se esiintyy Euraasian länsiosissa, Euroopassa Välimereltä napapiirille. Peltosirkku on pitkän matkan muuttolintu, joka talvehtii Saharan eteläpuolisessa Afrikassa. Pesimäalueina se suosii peltojen lisäksi muita avoimia puustoisia tai pensaikkoisia alueita, kuten aroja tai vuorenrinteitä. Naaras rakentaa pesän maahan, kasvillisuuden sekaan ja munii 4–5 munaa. (Cramp & Perrins 1994). Peltosirkun reviirillä puut, pensaat tai sähköpylväät ovat tärkeitä laulupaikkoja (Vepsäläinen 2005).

Peltosirkku syö siemeniä ja muita kasvinosia ja ruokailee pääasiassa maassa. Sen on havaittu pitävän kauranjyvistä. Poikasia ruokitaan hyönteisravinnolla, jota etsitään maan pinnalta tai lehvästöstä. (Cramp & Perrins 1994). Vepsäläinen ym. (2005) havaitsivat peltosirkkujen suosivan peltoja, joilla on keväällä paljasta maata, kuten kevätiljoja, sokerijuurikasta, perunaa ja öljykasveja kasvavilla pelloilla. Paljaan maan suosimisella saattaa olla yhteys lajin ruokailutottumuksiin. Poikasille emojen ruokkima

hyönteisravinto on tärkeämpää, mutta aikuiset linnut syövät paljaalta maalta löytämiään siemeniä etenkin toukokuussa ennen pesimäkautta ja pesimäkauden alkuvaiheessa, jolloin hyönteisravintoa on niukasti tarjolla (M. Piha, keskustelu 13.10.2020).

Peltosirkulle on ominaista muodostaa löyhiä pesimäryhmiä (Cramp & Perrins 1994), joissa reviirit voivat olla vain muutaman kymmenen metrin päässä toisistaan (Vepsäläinen 2005). Tässä työssä näitä osapopulaatioita kutsutaan lauluryhmiksi. Peltosirkun on havaittu olevan paikkauskollinen. Tämä ominaisuus on vahvempi koirailta kuin naarailta. Nuoret koiraat saattavat vaihtaa pesimäaluetta, jos eivät saa houkuteltua naarasta reviirilleen (Dale ym. 2005). Lauluryhmä voi vetää puoleensa yksilöitä, vaikka elinympäristön laatu olisi heikentynyt. Tämä tekee lajista herkemmän ympäristön muutoksille (Vepsäläinen ym. 2007).

Muuttomatkaltaan Länsi-Afrikasta peltosirkku palaa Suomeen toukokuun alussa. Koiraat saapuvat ensimmäisinä. Laajan eurooppalaisen tutkimuksen yhteydessä selvitettiin Suomeen muuttavien peltosirkkujen reitti, joka kulkee läntisestä Euroopasta Välimeren kautta Länsi-Afrikkaan Guinean seudulle (Jiguet ym. 2019). Aiemmin yhdeksi syyksi epäilty peltosirkkujen laiton salametsästys Lounais-Ranskan Les Landesin alueella saatiin loppumaan (Jiguet 2019). Myös eurooppalaisen populaation geneettistä rakennetta selvitettiin ja havaittiin, että Pohjoismaiden ja Baltian peltosirkkupopulaatio on eristäytynyt läntisestä ja itäisestä populaatiosta (Moussy ym. 2018).

Peltosirkun kannat ovat taantuneet Euroopassa monen muun peltolinnun tavoin (Jiguet 2016). Tunnetut asiat, kuten maatalouden tehostuminen ja siihen liittyvä elinympäristöjen katoaminen ja laadun heikkeneminen (Krebs ym. 1999, Vickery ym. 2001) sekä talvehtimisalueella ja muuttomatkalla tapahtuneet mahdolliset elinympäristömuutokset (Jiguet ym. 2016) eivät anna yhtä suoraa selitystä peltosirkun uhanalaisuuteen. Peltosirkun kanta kasvoi Suomessa 1970-luvulle asti ollen tällöin satoja tuhansia pareja (Väisänen ym. 2018). Tämän jälkeen kanta alkoi taantua.

Vepsäläinen ym. (2005) on kuvannut kannan romahtamisen Lammilla 1984–2002 välisenä aikana. Vepsäläinen esitti, että yksi syy peltosirkun paikalliseen taantumiseen on ollut maatalouden tehostustoimista johtuva pienipiirteisten maisemaelementtien, kuten viljelemättömien saarekkeiden, mm kivikasojen, vähentyminen. Sittemmin kanta on edelleen pienentynyt ja esiintymisalue on supistunut Sisä-Suomesta viljanviljelyvaltaisille alueille Pohjanmaalle, Uudenmaan ja Kymenlaakson rannikoille sekä Lounais-Suomeen. Tämän hetken arvio kannasta on jo alle 4000 paria (Piha & Seimola, julkaisematon aineisto). Jos kannan pienenemistä ei saada pysähtymään, on sukupuuttoon häviäminen todennäköistä tulevana vuosikymmeninä (Jiguet ym. 2019). Nousiainen (2020) on selvittänyt, että peltosirkkukoiraiden elossasäilyvyys ei poikkea muista samankokoisista pitkän matkan muuttavista varpuslinnuista. Ratkaisevaa on saada poikastuotto kasvamaan, jotta kanta voi vahvistua.

1.3 Tutkielman tavoite

Tutkielmassani selvitän öljykasvien ja sokerijuurikkaan viljelyn yhteyttä peltosirkun kannankehitykseen Suomessa vuosina 2001–2018. Tutkielman hypoteesi on, että neonikotinoidien käyttö on vähentänyt peltosirkkureviirien määrää ja öljykasvien ja sokerijuurikkaan viljely selittää osaltaan kannan romahtamista.

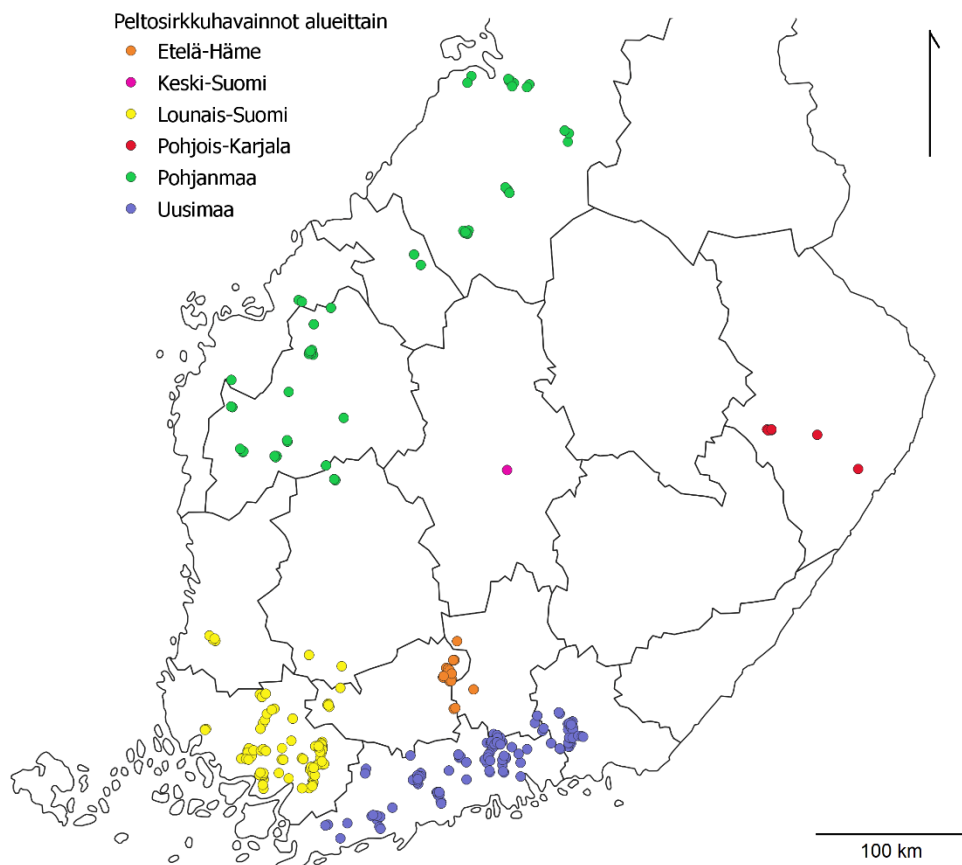
Koska neonikotinoidien käyttö tuskin kuitenkaan yksin riittää selittämään kaikkea peltosirkun reviirimäärissä tapahtuvaa vaihtelua, otetaan tässä tutkimuksessa huomioon myös muita reviirimäärään mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä. Näitä tekijöitä ovat edelliskesän lämpötila ja sadanta, viljelyalan osuus maisematasolla, pienipiirteisen maisemaelementtien (teiden, jokien, purojen ja rakennusten) tiheys, viljelykasviryhmiä monimuotoisuus sekä paljaan maan osuus keväisin. Aiemmissa tutkimuksissa (Vepsäläinen 2005 ja 2007) on todettu, että lauluryhmän houkuttelevuuden ohella lajin ekologialle tärkeät maisemaelementit (pientareet, keväällä kasvipeitteestä paljas maa, ja avoimessa viljelymaisemassa olevat puut, pensaat ym. sopivat laulupaikat) selittävät peltosirkun reviirien sijoittumista ja määrää.

Hypotesimme on, että pienipiirteisten maisemaelementtien, paljaan maan ja maisematason viljelyalan runsaampi esiintyminen on yhteydessä suurempaan reviirimäärään. Jokien, ojien ja teiden pientareet hyödyttävät peltosirkkua, sillä ne tarjoavat suojaa pesintään. Rakennukset, kuten vanhat aitat ja ladot, tarjoavat peltosirkulle tärkeitä laulupaikkoja. Keväällä paljas maa on peltosirkulle parempi hyönteisten ja siementen keräämiseen verrattuna kasvipeitteiseen peltoon, josta lyhytjalkaisten lintujen on vaikeampi havaita ja kerätä laajasta ravintoa. Laajat viljelyalueet, joissa on avoimia yhtenäisiä peltoaukeita, ovat peltosirkulle luultavasti mieluisampia kuin eristäytyneet peltolaikut pirstoutuneessa maisemassa. Viljelykasviryhmiä monimuotoisuus kuvastaa erilaisia ravintokohteita, suojaa ja pesäpaikkoja peltolohkoilla. Oletamme monimuotoisemman viljelyn lisäävän reviirimäärää. Sääolosuhteiden hypoteesi on, että tavanomaiset olosuhteet, joihin laji on sopeutunut, olisivat ääreviä olosuhteita paremmat. Peltosirkun säilymisen kannalta on tärkeä ymmärtää, mitkä tekijät vaikuttavat lajin menestymiseen. Johtopäätöksissä hyödynnän kokemuksiani maanviljelijänä ja kasvintuotannon asiantuntijana.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Tutkimusalue

Tutkimuksen peltosirkkupopulaatioista suurin osa sijaitsi peltovaltaisilla alueilla Lounais-Suomessa ja Etelä-Hämeessä sekä Pohjanmaan, Uudenmaan ja Kymenlaakson rannikoilla. Muutamia laskenta-alueita sijaitsi Keski- ja Itä-Suomessa (Kuva 2). Peltosirkkujen reviirejä on kartoitettu osana säännöllisiä peltolintukartoituksia 1980-luvulta alkaen. Vuodesta 2013 lähtien peltosirkulla on ollut oma seurantansa, joka alkoi osana kansainvälistä hanketta (Jiguet ym. 2019). Tämän tutkimuksen aineisto on kerätty vuosina 2000–2018. Aineiston keräämiseen on osallistunut useita ammattiornitologeja ja avustajia. Osallistuivat kartoituksiin Lammin biologisella asemalla vuonna 2000 ja erinäisillä aloilla Varsinais-Suomessa vuonna 2001. Kartoitettujen alueiden lukumäärä on vaihdellut vuosittain ja kartoitusta on suunnattu peltosirkulle potentiaalisille alueille.



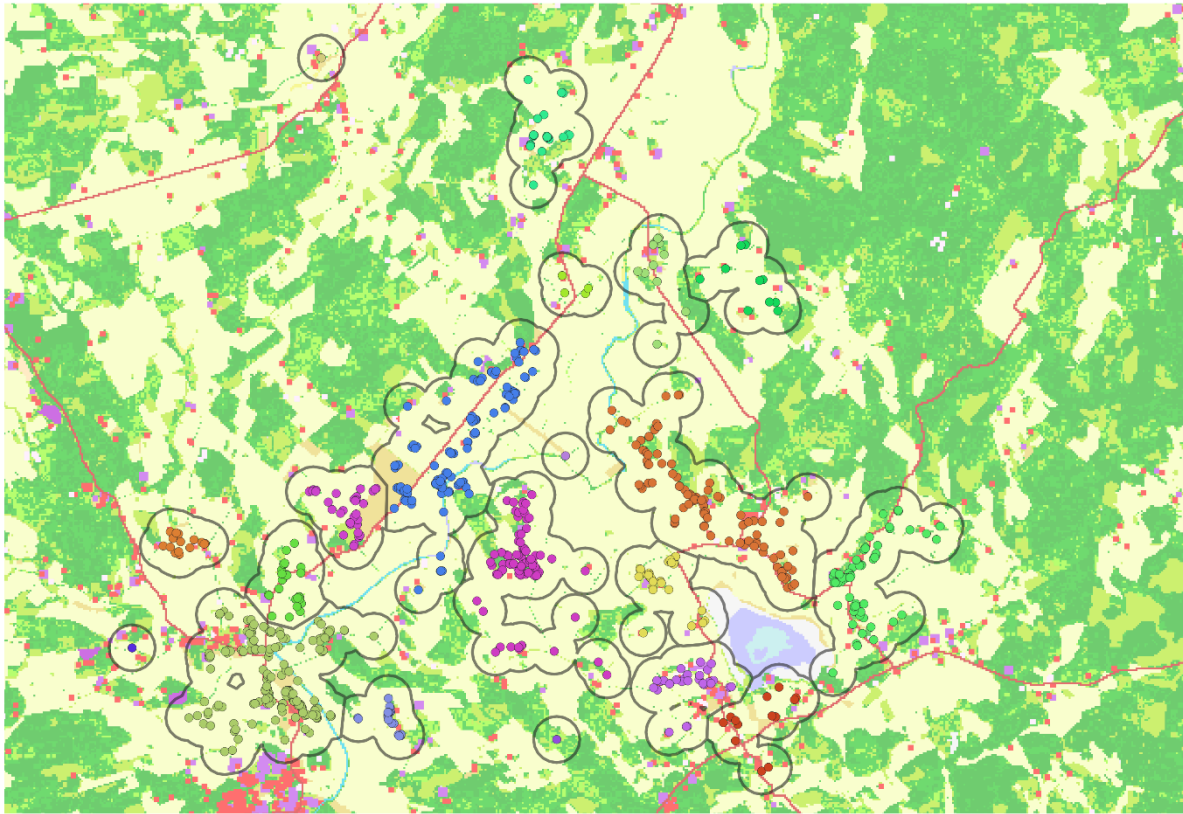
Kuva 2. Tutkimusalue ja tutkimuspopulaatioiden jakautuminen maantieteellisiin alueisiin (REG): 1. Etelä-Häme, 2. Keski-Suomi, 3. Lounais-Suomi, 4. Pohjois-Karjala, 5. Pohjanmaa ja 6. Uusimaa. (Karttapohja: MML Karttapalvelu)

2.2 Lintulaskennat

Peltosirkun reviirejä seurattiin tutkimusalueella kahdella vuosittaisella kartoituskäynnillä. Tiaisen (1985) mukaan se on luotettava menetelmä peltolinnuston kannan arviointiin. Kartoitus tehdään toukokuun alun ja kesäkuun välisenä aikana, jolloin peltosirkku on aktiivinen parinmuodostuksessa ja helpompi havaita. Tavallisesti eri kartoituskäynneillä havaitaan sama yksilö useaan kertaan. Reviirien tarkan määrän selvittämiseksi on tärkeää saada yhtäaikaishavaintoja laulavista koiraista. Myös varoittavat yksilöt viittaavat reviiriin. Kartoituksessa merkitään linnun sijainti, jonka avulla päätellään reviirin keskipiste kartoituskäyntien perusteella. Tutkimusajan havainnosta tulkittiin 4430 reviiriä.

Vuosien 2000–2017 reviiriaineistosta muodostettiin lauluryhmiä (osapopulaatio) tulkitsemalla reviirien ympäristöä ja etäisyyttä toisistaan (kuva 3). Menetelmää on sovellettu suomalaisessa peltolintutkimuksessa pitkään (Tiainen & Pakkala 2000, Tiainen ym. 2004) Reviiripaikan valinnassa peltosirkut hakeutuvat lauluryhmiin, jotka saattavat olla merkki hyvästä pesimäympäristöstä (Vepsäläinen 2007). Aineistoa täydennettiin vuoden 2018 havainnoilla jälkikäteen. Mukaan otettiin ne reviirit, jotka olivat aiemmin muodostettujen lauluryhmien alueella. Keski-Suomen ja Pohjois-Karjalan reviirit jätettiin pois jatkotutkimuksista vähäisten havaintomäärien ja peltoympäristöstä poikkeavan elinympäristön (turvesuot) perusteella.

Valittujen reviirien keskipisteiden ympärille puskuroitiin paikkatieto-ohjelmiston avulla 250 metrin kehä. Peltosirkun kannalta se edustaa tavanomaista reviirikokoa (Vepsäläinen ym. 2007). Päällekkäin menevät reviirit tulkittiin samaan lauluryhmään kuuluviksi ja reviirien kehien sisälle jäävä alue tulkittiin lauluryhmän elinympäristöksi. Muutamissa tapauksissa pinta-alaltaan suuria lauluryhmiä pilkottiin pienemmiksi kartoituksessa tehtyjen havaintojen sekä muun paikallistuntemuksen ja kokemuksen perusteella. Myös joitain pieniä ja hieman erillään olevia lauluryhmiä yhdistettiin isommiksi. Yhteensä muodostui 277 lauluryhmää, joiden koko vaihteli 0,17 ja 2,98 km² välillä, keskiarvon ollessa 0,8 km². Lauluryhmien vuosittaiset reviirimäärät vaihtelivat 0 ja 26 välillä, keskiarvon ollessa kolme.



Kuva 3. Lauluryhmiä Pukkilassa, Uudenmaan tutkimusalueella vuosilta 2001–2018. Saman lauluryhmän peltosirkkureviirit merkitty väripisteillä. Lauluryhmä rajattu mustalla viivalla, jonka muodoista erottuu 250 m puskurointi. Karttapohja: SYKE CORINE maanpeite.

2.3. Elinympäristömuuttujat

Jokaiselle lauluryhmälle määritettiin muuttujat, jotka kuvaavat elinympäristön monimuotoisuutta. Ruokaviraston peltolohkokisteristä saatujen perus- ja kasvulohkotietojen avulla laskettiin kullekin lauluryhmälle kunkin viljelykasvin osuus. Yhtenäinen peltolohko (peruslohko) saatetaan jakaa maataloustuotannossa vaihtelevasti eri viljelykasveille (kasvulohko). Kasvulohkojen osalta tarkka paikkatieto viljelykasvien sijainnista peruslohkolla oli saatavilla vasta vuodesta 2017 alkaen. Kasvulohkoiksi jaetun pellon osuessa vain osittain lauluryhmän alalle ko. viljelykasvin pinta-ala arvioitiin vuosien 2000–2016 osalta samassa suhteessa kuin viljelykasvia esiintyi koko peruslohkolla.

Ruokaviraston hallinnollisia viljelykasviluokituksia yhdisteltiin peltolinnuston kannalta tarkoituksen mukaiseen kymmeneen eri luokkaan 1. kevätvilja, 2. nurmi, 3. syysvilja, 4. öljykasvit, 5. avomaan vihannes, 6. palkokasvi, 7. yrtti, 8. tuntematon, 9. hedelmä, marja ja 10. ruokohelpi ja kasvihuonealat. Viljelykasvin kasvutapa tai viljelykäytännöt peltosirkun pesinnän aikana vaikuttivat myös luokitteluun. Jokaiselle lauluryhmälle laskettiin viljelykasviluokkien osuuksista Shannon-Wiener monimuotoisuusindeksi (SHANG). Viljelykasviluokat jaoteltiin edelleen pellon kasvipeitteisyyden mukaiseen (OPEN) luokkaan,

joka kuvastaa paljaan maan osuutta. Perusteena käytettiin elinympäristössä toukokuun alussa vallitsevaa tilannetta, jolloin peltosirkut saapuvat muuttomatkalta pesimäalueelle

Tämän tutkimuksen kannalta mielenkiintoiseen ryhmään, peitatut, eli neonikotinoideilla käsitellyt viljelykasvit, kuului öljykasveja sekä sokerijuurikas. Näiden kasvien osuudet lauluryhmien viljelyalasta olivat kevättrypsille 3,9 %, kevätropsille 2,6 %, syysrypsille 1,4 % ja syysropsille 0,1 %) Sokerijuurikkaan osuus oli 1,8 % lauluryhmien viljelykasvien pinta-alasta. Malliin muuttujaksi otettiin edeltävän vuoden peitattujen kasvien osuus NEOPRIOR), koska neonikotinoideilla arvellaan olevan yhteys pesimätulokseen. Tätä muuttujaa kutsutaan jatkossa neonikotinoidimuuttujaksi.

Peltosirkulle tärkeiden pienpiirteisten maisemaelementtien määrä laskettiin Maanmittauslaitoksen maastotietokanta-aineiston pohjalta. Näin saatiin pituusarvot teiden, ojien ja jokien eli näitä reunustavien pientareiden määrälle sekä kappalemäärät rakennuksille lauluryhmän alueen mukaisesti. Maatalousympäristössä vuosittaiset muutokset näiden muuttujien osalta ovat vähäisiä, joten tiedot laskettiin vuosilta 2005, 2010 ja 2016 edustamaan vastaavasti ajanjaksoja 2000–2007, 2008–2012 ja 2013–2018. Maisemaelementtien tiheydet laskettiin jakamalla em. tekijöiden arvot lauluryhmän pinta-alalla ja tutkittaviksi muuttujiksi tulivat teiden (AROAD), ojan- ja joenpenkkojen (ARIVER, ASTREAM) sekä rakennuksien (ABUILD) tiheys.

Lauluryhmän sijainti laajemmassa peltomaisemakontekstissa kuvattiin puskuroimalla lauluryhmän keskipisteen ympärille 5 km puskuri, jonka sisältä laskettiin maatalousmaan osuus (AGRI5) Suomen ympäristökeskuksen tuottamasta CORINE maanpeiteaineistosta (syke.fi/avoindata). Käytetyt aineistot olivat vuosilta 2000, 2006, 2012 ja 2018, joilla tulkittiin vastaavasti tutkimusaineiston vuodet 2000–2003, 2004–2009, 2010–2015 ja 2016–2018.

Ilmatieteen laitoksen säätilastosta (ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data) haettiin jokaiselle lauluryhmälle edeltävän kesän (21.5.–15.7.) keskisademäärä (PREC) ja keskilämpötila (TEMP).

Kaikki lintuaineistoon ja elinympäristömuuttujiin liittyvä paikkatieto käsiteltiin QuantumGIS-paikkatieto-ohjelmistolla (QGIS Development Team 2018).

2.4 Tilastolliset analyysit

Aineistoon sovitettiin yhdeksän yleistettyä lineaarista sekamallia, joissa vastemuuttujana oli negatiivisbinomiaalisesti jakautunut reviirien määrä (TERRI). Sekamallia käytettiin, koska tavoitteena oli tutkia vastemuuttujan ja selittävien tekijöiden välisiä yhteyksiä, ottaen samalla huomioon havaintoyksiköiden välinen mahdollinen korreloituneisuus. Mallit on esitetty taulukossa 1.

Kiinteitä vaikutuksia malleissa ovat vuosi (YEAR), edellisessä peitatut-viljelykasvien osuus (NEOPRIOR), tiet (AROAD), ojanpientareet (ASTREAM), rakennukset (ABUILD), joenpientareet (ARIVER), peltoalan osuus maisematasolla (AGRI5), maantieteellinen alue (REG), viljelykasviryhmiä monimuotoisuusindeksi (SHANG), keväällä avoimen peltoalan osuus (OPEN) sekä edellisessä lämpötila (TEMP) ja sadanta (PREC). Jatkuvat muuttujat standardoitiin. Näiden muuttujien päävaikutusten lisäksi

malleissa on yhdysvaikutuksia muuttujan vuosi sekä muuttujien NEOPRIOR, SHANG, OPEN, TEMP ja PREC välillä. Yhdysvaikutus mahdollistaa sen, että kyseisten muuttujien vaikutus voi erota vuosien välillä. Satunnaismuuttujina malleissa ovat lauluryhmä sekä lauluryhmän ja vuoden yhdysvaikutus. Satunnaismuuttujat korjaavat lauluryhmien ja vuosien väliset erot reviirien määrissä, jolloin malli huomioi paremmin kiinteiden muuttujien aiheuttamat erot. Lauluryhmän logaritimuunnettu pinta-ala (LAREA) lisättiin malleihin nk. offset-muuttujana, jolla reviirien määrä suhteutettiin lauluryhmän pinta-alaan.

Aluksi muodostettiin globaali malli (Taulukko 1, malli M9), joka sisälsi kaikki kiinteät vaikutukset, osan yhdysvaikutuksineen. Tämän lisäksi rakennettiin ensin kuusi supistettua mallia (M3-M8), joissa tiputettiin pois muuttuja NEOPRIOR tai muuttujaparit (SHANG ja OPEN) tai (TEMP ja PREC) yhdysvaikutuksineen vuoden (YEAR) kanssa, sekä yksitellen että kahden muuttujan yhdistelminä. Kahdeksas malli (M2) sisälsi vain vuoden (YEAR) sekä muuttujat ABUILD, AROAD, ASTREAM, ARIVER, AGRI5 ja REG. Yhdeksäs malli (M1) oli kontrollimalli, jossa selittävänä tekijänä oli vain vuosi. Satunnaismuuttujat ja offset-muuttuja pysyivät kaikissa malleissa samoina. Globaalimalli tarkistettiin mahdollisen ylidispersion osalta.

Tilastolliset analyysit tehtiin R-ohjelmiston avulla (R 3.6.2; R Core Team 2019). Mallien sovituksessa käytettiin glmmADMB-pakettia (Fournier ym. 2012, Skaug ym. 2016) ja mallien keskiarvoistamisessa sekä ennusteiden tekemisessä MuMIn-pakettia (Barton 2019).

Taulukko 1 Peltosirkun reviirimääriin vaikuttavien tekijöiden analyysimallit M1-M9. Mallien sisältö kuvattu tarkemmin tekstissä. Mallit M7, M4, M3 ja M2 valikoituivat jatkotutkimuksiin.

MALLI

Mallin muuttujat

M9= terri ~ **year** + Abuild + Aroad + Astream + Ariver + agri5 + reg + NeoPrior*year + shanG*year + open*year + temp*year + prec*year

M8= terri ~ **year** + Abuild + Aroad + Astream + Ariver + agri5 + reg + shanG*year + open*year + temp*year + prec*year

M7= terri ~ **year** + Abuild + Aroad + Astream + Ariver + agri5 + reg + NeoPrior*year + temp*year + prec*year

M6= terri ~ **year** + Abuild + Aroad + Astream + Ariver + agri5 + reg + NeoPrior*year + shanG*year + open*year

M5= terri ~ **year** + Abuild + Aroad + Astream + Ariver + agri5 + reg + shanG*year + open*year

M4= terri ~ **year** + Abuild + Aroad + Astream + Ariver + agri5 + reg + temp*year + prec*year

M3= terri ~ **year** + Abuild + Aroad + Astream + Ariver + agri5 + reg + NeoPrior*year

M2= terri ~ **year** + Abuild + Aroad + Astream + Ariver + agri5 + reg

M1= terri ~ **year**

Lisäksi kaikissa malleissa käytetyt offset ja satunnaismuuttujat: + offset(Larea) + (1 + year | id),

Mallien keskinäistä paremmuutta tutkittiin vertaamalla korjatun Akaiken informaatiokriteerin arvoa, AICc (corrected Akaike information criterion). Mallit asetettiin paremmuusjärjestykseen niin, että pienimmät AICc-arvot edustivat parhaimpia mallivaihtoehtoja. Jos paras malli ei erottunut seuraavaksi parhaimmasta mallista selkeästi ($\Delta AICc$ alle 2), valittiin keskiarvoistettavaksi kaikki mallit, joiden yhteenlaskettu Akaike-paino on 95 % tai alle. Keskiarvoistamisessa kunkin selittävän tekijän regressiokerroin arvioidaan useasta mallista. Keskiarvoistaminen huomioi paitsi useaan malliin liittyvän epävarmuuden, myös niihin liittyvän informaation. Selittävä muuttuja tulkitaan vaikuttavaksi, jos sen keskiarvoistetun regressiokertoimen 95 % luottamusväli ei sisällä nollaa.

3. TULOKSET

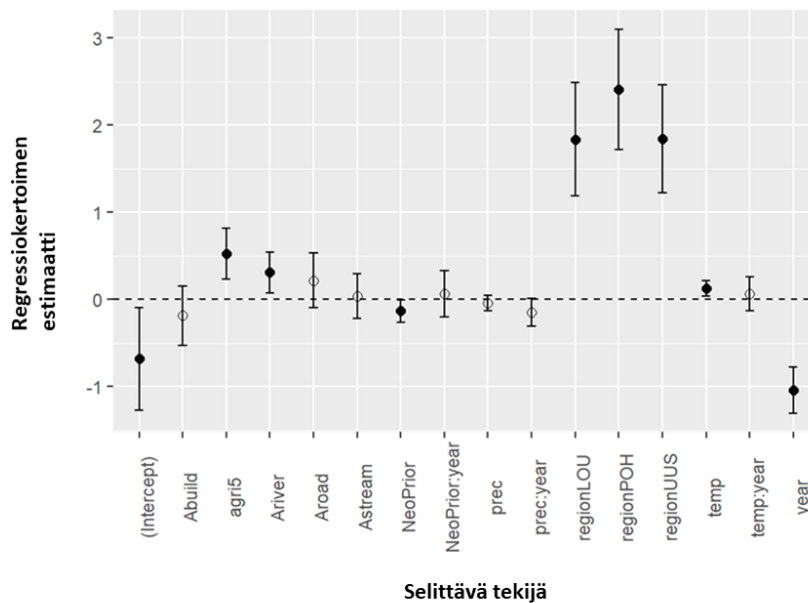
Malli M7 osoittautui parhaaksi, mutta seuraavaksi paras malli M4 erosi siitä vain 0.69 AICc yksikön verran (taulukko 2). Koska mikään yksittäinen malli ei erottunut selkeästi parhaimmaksi, tarkastelua laajennettiin sisältämään kaikki mallit, joiden kumulatiivinen Akaike paino oli 95 % tai alle. Mukaan valikoitui neljä parasta mallia; M7, M4, M2 ja M3.

Taulukko 2. Peltosirkun reviirimääriin vaikuttavien tekijöiden analyysimallien vertailu.

Malli	Vapausasteet	AICc	$\Delta AICc$	Akaike-paino
M7	19	5113.7	0.00	0.425
M4	17	5114.4	0.69	0.301
M2	13	5116.5	2.84	0.103
M3	15	5116.6	2.90	0.100
M9	223	5119.1	5.41	0.028
M8	21	5119.4	5.70	0.025
M5	17	5121.2	7.51	0.010
M6	19	5121.7	8.00	0.008
M1	5	5195.4	81.74	0.000

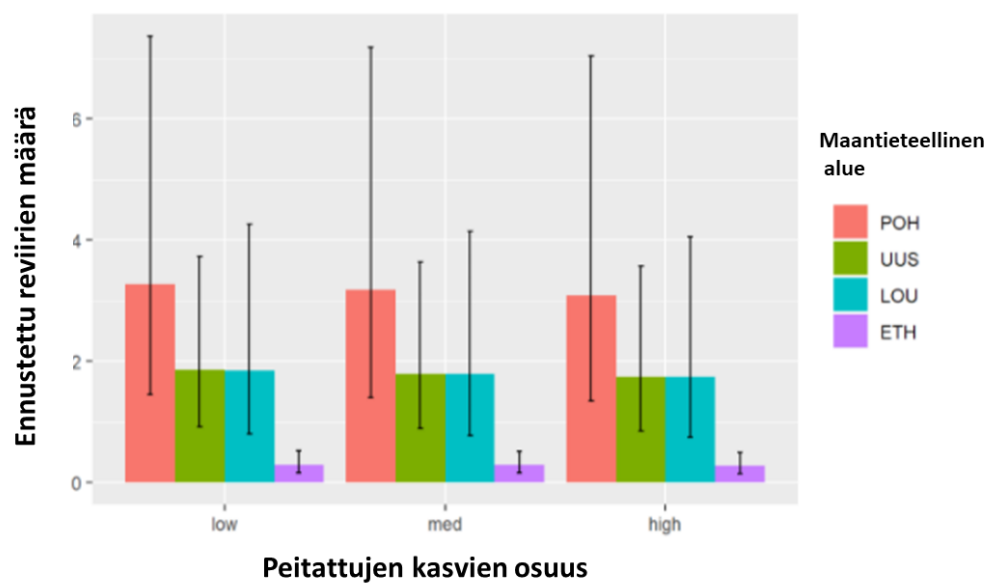
Jatkoon valituista malleista vain osa sisälsi kiinnostuksen kohteena olevan NEOPRIOR-muuttujan. Lisäksi neonikotinoidimuuttujan yhteys saattaa olla heikko verrattuna muihin selittäviin tekijöihin. Näistä syistä mallien keskiarvoistaminen tehtiin luonnollisen keskiarvon menetelmällä (conditional average), jossa kunkin selittävän tekijän regressiokerroin arvioidaan vain niistä malleista, joissa se esiintyy. Vaihtoehtoisesti regressiokerroin voitaisiin arvioida kaikista malleista (full average), mutta silloin niissä malleissa, joissa ko. muuttuja ei esiinny, sen kerroin asetettaisiin nolaksi, mikä vinouttaisi lopullista regressiokertoimen estimaattia kohti nollaa.

Keskiarvoistamiseen valituista malleista yksikään ei sisältänyt keväällä avoimen viljelyalan osuutta (OPEN) tai viljelykasvir ryhmien monimuotoisuusindeksiä (SHANG) selittävänä tekijänä, joten niillä ei tulkittu olevan huomioitavaa vaikutusta peltosirkun reviirien määrään. Keskiarvoistettujen regressiokertoimien 95 % luottamusvälit eivät sisältäneet nollaa muuttujille vuosi (YEAR), jokien tiheys (ARIVER), viljelyalan osuus maisemassa (AGRI5), alue (REG, LOU/POH/UUS), lämpötila (TEMP) ja neonikotinoidi (NEOPRIOR) (Kuva 4). Näiden selittävien tekijöiden voidaan katsoa olevan yhteydessä peltosirkun reviirien määrään.



Kuva 4. Keskiarvoistetun mallin regressiokertoimien estimaatit kullekin muuttujalle. Pystyviivalla ilmaistaan 95 % luottamusväli, täytetyllä ympyrällä tilastollisesti merkitsevät muuttujat.

Seuraavaksi laskettiin kullekin alueelle ennuste reviirien määrälle, kun neonikotinoidimuuttujan taso oli matala (low 0.1), keskimääräinen (med. 0,5) tai korkea (high. 0,9). Ennusteita tehdessä muut muuttujat olivat keskiarvoistettuja eli ennusteissa siis oletetaan, että lämpötilat, sadannat ja pienelementtien tiheydet ja muut tekijät ovat keskimääräisiä. Lisäksi muuttujien regressiokertoimina käytettiin kaikista malleista arvioituja estimaatteja (full average). Näin ennusteet kuvastavat kunkin keskiarvoistuksessa käytetyn mallin todellisia ennusteita. Ennusteen tulokset esitetään kuvassa 5.



Kuva 5. Mallin ennustamat reviirimäärät eri maantieteellisille alueille (Pohjanmaa = POH, Uusimaa = UUS, Lounais-Suomi = LOU ja Etelä-Häme = ETH), kun peitattujen kasvien osuus on matala (low), keskitasoinen (med) tai korkea (high). Pystyviivalla ilmaistaan 95% luottamusväli ennusteelle.

4. TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Peltosirkun kannankehitykseen vaikuttavat tekijät

Maatalousympäristön muutos on tunnistettu monen lintulajin ja muun eliön taantumisen syyksi. Ihmistoiminnan vaikutus ympäristöön näkyy yhä suurempina ongelmina ekosysteemissä, kuten ilmastonmuutoksena tai hyönteiskatona (Harvey ym. 2020). Jälkimmäisen torjumisen välittömiksi toimenpiteiksi on em. artikkelissa esitettyssä tiekartassa nostettu torjunta-aineiden korvaaminen ekologisesti kestäväillä menetelmillä ja maatalousympäristön monimuotoisuuden lisääminen. Maatalouden kasvinsuojeluratkaisuilla ja erityisesti tuholaistorjunnalla on merkittävä rooli.

Peltosirkun kanta on huvennut Suomessa vajaassa 40 vuodessa 99 % (Väisänen ym. 2018). On kiire saada selville, miksi tämä laji on muuttunut uhanalaiseksi, jotta se voidaan pelastaa sukupuutolta. Peltosirkun nykyisen kannanmuutoksen vauhdilla (n. -13 % / vuosi) laji saattaa kuolla Suomesta sukupuuttoon alle 25 vuodessa (Markus Piha, keskustelu 20.10.2020). Tiedetään, että populaation vähenemiseen vaikuttavat tekijät voivat olla joko pesimäseuduilla, muuttomatkan varrella ja/tai talvehtimisalueella. Tutkimukseni aineistosta havaittiin odotetusti, että aiemmissa peltosirkkututkimuksissa (Vepsäläinen ym. 2017) tärkeillä tekijöillä, kuten viljelymaiseman avoimuudella (AGRI5) ja joenpientareiden määrällä (RIVER) oli lämpötilan (TEMP) lisäksi positiivinen vaikutus reviirien määrään (kuva 4).

4.2. Öljykasvien yhteys reviirimääriin

Öljykasvien viljelyn ja peltosirkun reviirien vähenemisen välille löytyi heikko yhteys. Mallin tulosta konketisoiitiin ennustamalla reviirimäärät tutkimuksen eri maantieteellisille osa-alueille kolmella eri peitattujen kasvien osuudella (kuva 5). Peitattujen kasvien (öljykasvit ja sokerijuurikas) osuudella ja peltosirkun reviirien määrällä on negatiivinen korrelaatio jokaisella maantieteellisellä osa-alueella. Alueiden reviirimäärät muuttuivat synkronisesti eri peittaustasoilla. Hokkanen ym. (2017) saivat vastaavalta ajanjaksolta vuosilta 2002–2015 tuloksen, josta he päättelivät öljykasvinviljelyn laajuuden eli toisin sanoen neonikotinoidien runsaamman määrän vähentävän pölyttäjiä, jolloin öljykasvien sadotkin jäävät pienemmiksi. Aiemmin öljykasvien ja sokerijuurikkaan viljelyalat ovat olleet Suomessa huomattavasti suuremmat (kuva 1.) Peitattujen kasvien viljelytavassa tapahtunut muutos, kuten neonikotinoidien käyttöönotto, vaikuttaa paremmalta selitykseltä kuin näiden kasvien viljelyn laajuus.

Aikuiset peltosirkut syövät enimmäkseen siemeniä. Pesintään valmistautuessaan ja sen aikana naaraiden täytyy saada paljon ravintoa. Neonikotinoidi päätyy lintujen elimistöön joko suoraan peitatuista siemenistä tai kun ne syövät kasvien siemeniä, joihin on kertynyt alueen maaperästä torjunta-ainetta. Neonikotinoidia voi kulkeutua myös viljellyn alueen ulkopuolisiin kasveihin (Hallmann ym 2014). Altistuminen saattaa näkyä alentuneena poikastuottona. Torjunta-aineiden aiheuttamista kuolemista ei ole havaintoja Suomessa, mutta muualla maailmasta niitä on dokumentoitu esim. varpuslinnuilla (*Passeriformes*; Mineau &

Whiteside 2013) ja peltopyillä (*Perdix perdix*; Millot 2017). Goulson (2013) päätteli, että teoriassa 32 imidaklopridilla peitattua rapsinsientä olisi peltopyylle LD₅₀—annos, eli määrä, joka tappaisi 50 % siemeniä syöneistä linnuista. Nousiainen (2020) havaitsi, että aikuisten koiraiden elossasäilyvyyden muutokset eivät ole todennäköinen syy peltosirkun kannanlaskuun. Sen sijaan aikuisten naaraiden ja nuorten lintujen kuolleisuuden nousu tai heikentynyt pesintätulos voisi olla kannanmuutoksen taustalla. Kirjallisuudessa on viitteitä neonikotinoidilla peitattujen siemenien myrkyllisyydestä linnuille ja sen aiheuttamasta painonalennuksesta (Milot 2017). Nämä molemmat seikat olisivat kohtalokkaita pesivälle naaraalle, jonka tehtävä on rakentaa pesä, munia ja hautoa poikaset (Cramp & Perrins 1994). Peltosirkun munaluku on mahdollisesti alentunut 1960-luvun tasosta jopa yhdellä munalla: von Haartmanin (1969) mukaan munaluku oli 1960-luvulla 1–6 munaa, mutta Pihan tutkimusryhmä ei ole 2010-luvulla havainnut kymmenien pesien aineistossa yhtäkään kuuden munan pesyettä (Piha & Seimola, julkaisematon aineisto, Jiguet ym. 2019).

Nuoret, ensimmäistä vuottaan elävät linnut voivat saada neonikotinoideja ravinnon mukana. Tämä voi heikentää lintujen kykyä valmistautua muuttomatkaan, jos ne eivät saa kerättyä vararavintoa tai menettävät suuntavaistonsa (Eng ym. 2019). Neonikotinoidit voivat vähentää ravintoeliöiden määrää suoraan tappamalla niveljalkaisia tai jos maaperään kertyneellä, hyvin pysyvällä aineella on haitallisia pitkäaikaisvaikutuksia niveljalkaisiin (Hladik ym. 2018). Byholm ym. (2019) ovat todistaneet, että neonikotinoideja kulkeutuu pelloilta ravintoverkossa selkärangaisiin, kuten mehiläishaukkoihin. Tässä tutkimuksessa käytetty malli ei huomioinut neonikotinoidien mahdollista kumuloituvaa vaikutusta. Mallinnuksessa huomioitiin öljykasvien osuus vain edelliseltä kesältä. Heikko negatiivinen yhteys peltosirkun lauluryhmien yksilömääriin löytyi kuitenkin myös tässä tutkimuksessa. Monen edeltävän vuoden mallintaminen pienentäisi efektiivisten reviirien määrää tutkimuksessa, eikä useamman edeltävän vuoden käyttö välttämättä selventäisi yhteyttä enempää. Peltosirkun käyttämästä ravinnosta Suomessa ei ole yksityiskohtaista tietoa. On mahdollista, että jotkut ravintokohteet ovat alttiimpia neonikotinoideille tai, että peltosirkun ekologian takia sen ravinnosta kertyisi suurempi altistus, kuin muille lajeille. Useimmilla avoimen ympäristön peltolinnuilla, kuten pensastaskulla (*Saxicola rubetra*,) on kuitenkin niin ikään todettu negatiivinen kannankehitys viime vuosikymmeninä (Väisänen & Lehikoinen 2013).

4.3. Vaihtoehtoiset hypoteesit ja mahdolliset virhelähteet

Mikä muu kuin neonikotinoidit voisi selittää peitattujen yhteyttä reviirien määrään? Peitatut-viljelykasvir ryhmän alasta suurin osuus on kevättrypsiä (40 %) ja yhdessä kevättrapsin kanssa ne muodostavat 66 % peitatuista kasveista. Sokerijuurikkaan vastaava osuus on 19 %. Viljakasveihin verrattuna, kaksisirkkaisiin (Dicotyledoneae) kasveihin kuuluvat öljykasvit ja sokerijuurikas tarvitsevat tavanomaisessa kasvintuotannossa taimivaiheessa tuholaistorjuntaa. Tästä voisi päätellä, että nämä peitatut ryhmän kasvit tarjoaisivat paremmin hyönteisravintoa peltosirkuille kuin kevätviljat. Toinen vetovoimatekijä voisi olla peltosirkun mieltymys keväällä paljaaseen maahan (Vepsäläinen ym. 2005), jota

varsinkin juurikaspelloilla riittää riviväleissä juhannukseen asti. Rapsi kylvetään mahdollisimman aikaisin, koska sen kasvu aika on 10 päivää rypsiä pidempi. Usein rypsiä kylvetään vielä kesäkuussa, mikä mahdollistaa peitattujen siementen syömisen hyvin pitkälle pesimäkaudelle. Paljaan maan suhteen rapsi ja rypsi eroavat ajallisesti. Rapsi saattaa kasvaa jo rehevänä, kun rypsikasvustoa vasta perustetaan.

Saattaa yksinkertaisesti olla, että näiltä peitatut-ryhmän kasveilta viljelijät torjuvat hyönteiset toistuvasti, joten ravintoa on kuitenkin vähemmän kuin viljapelloilla. Insektisidit vähentävät sekä tuholaisten että hyödyllisten eliöiden määrää. Toisinaan vaihtelevat olosuhteet keväällä aiheuttavat monenlaisia haasteita viljelyyn. Ei ole mitenkään tavatonta, että juurikkaan tai öljykasvien kylvöt joudutaan uusimaan hallan, rankkasateen tai erityisen kovan tuholaispaineen takia. Uusintakylvöt lisäävät neonikotinoidien määrää peltoympäristössä. Nurmiin ja kevätiljoihin verrattuna näitä peitatut-ryhmän kasveja joudutaan uusintakylvämään useammin, mutta taustalla on usein paikalliset sääolosuhteet, joiden vaikutus ja laajuus tunnetusti vaihtelevat hyvinkin satunnaisesti.

Ehkäpä tuholaistorjunnat vähentävät saatavilla olevan ravinnon määrää peltosirkun kannalta kriittisellä hetkellä. Jos käytössä olisi vastaavaa elinympäristötietoa ja riittävästi reviirihavaintoja neonikotinoidien käyttöä edeltävältä ajalta ennen 1990-luvun loppua, voitaisiin tehdä vertaileva tutkimus neonikotinoidien vaikutuksista. Myöskään peitattujen viljelykasvien vaikutuspiirissä pesivien tai ruokailevien peltosirkkujen suhteellista osuutta ei ole toistaiseksi selvitetty. Tämän selvittäminen olisi myös tärkeää.

Käytössä olevalla hallinnollisella kasvilajitiedolla ei voida päätellä kasvipeitettä kovin tarkasti. Viljelijä voi kylvää peltonsa heti kun se on mahdollista, vaikka jo huhtikuussa. Viimeinen kylvöpäivä on 30. kesäkuuta (Ruokavirasto 2020). Vuosien välinen vaihtelu kevään sääoloissa kuitenkin tasaa tilannetta. Jos on kylmää ja märkää, niin sekä peltotyöt että peltosirkun pesinnät viivästyvät. Tilanne saattaa olla toinen, jos Pohjolassa on aikainen ja lämmin kevät, eivätkä peltosirkut ole vielä saapuneet muutolta. Siksi mallissa on vuosi yhtenä muuttujana, joka kuvastaa vuosien välisiä satunnaisia eroja. Kevään viljelytyöt ovat riippuvaisia sääoloista, mutta niihin vaikuttaa myös moni muu tilatason asia, jotka monesti ovat luonteeltaan satunnaisia. Niitä ei voi päätellä tuotantosuunnasta, viljelykasvista tai maantieteellisestä alueesta. Viljelykasvien ryhmittely tasaa yksittäisen viljelykasvin aiheuttamia mahdollisia eroja. Hienoista epätarkkuutta aineistoon tuo, että laskentojen alkuvuosilta 2000–2016 ei ole saatavilla kasvulohkokohtaista tietoa. Maataloustukien haku muuttui karttapohjaiseksi sähköiseksi palveluksi vähitellen vuodesta 2015 alkaen.

Maatilojen tuotantosuunnat vaihtelevat, ja tilat käyttävät peltoviljelyssä erilaisia menetelmiä muokkauksessa, kylvössä ja kasvinsuojelussa. Näitä tilakohtaisia asioita ei pystytty huomioimaan tutkimuksessa, koska niistä ei ole tietoa tarjolla. Sokerijuurikkaan tuotanto on keskittynyt hiljalleen kohti Satakuntaa, koska Säkylässä sijaitsee ainoa sokeria jalostava tehdas. Aineisto saattaa olla sokerijuurikkaan osalta vinoutunutta. Myös suurempien maantieteellisten alueiden välillä on eroja pellonkäytössä,

viljelymaisemassa ja tuotantosuunnissa. Peltosirkun näkökulmasta 250 metrin säteeltä löytyy monenlaista viljelylohkoa ja myös viljelemätöntä alaa. Tutkijan näkökulmasta tuloksia tarkasteltaessa voidaan harhautua. Tiettyä viljelykasvina tai tarkemmin viljelykasviluokkana mallissa olevat pellot sisältävät sisäistä vaihtelua. Kun tähän lisätään vielä viljelykasveihin verrattuna hyvin suurpiirteiset tiedot torjunta-aineiden lohkokohtaisista käyttömääristä ja ajankohdista osataan tulokseen suhtautua varauksella. Öljykasvien viljelyllä ja peltosirkun reviirien vähenemisen välillä on kuitenkin yhteys, jonka syy-seuraussuhteita tulisi kiireellisesti tutkia tarkemmin.

4.4 Maatalouden muutokset

Neonikotinoidien käyttö rypsin ja rapsin siemenien peittauksessa loppui keväällä 2018. Sokerijuurikkaalla neonikotinoideilla peitatun siemenen käyttö on edelleen sallittua poikkeusluvalla. Kemiallisessa kasvinsuojelussa onkin yleensä kaksi tietä käytön päättymiseen. Joko tuholaiset kehittävät resistenssin, jolloin torjunnasta ei saa panostusta vastaavaa hyötyä, tai aineen käyttö- ja myyntiluvat perutaan vedoten vahvoin näyttöihin haitallisista vaikutuksista. Toistaiseksi on kehitetty uusia valmisteita, mutta niissä saatetaan keskittyä vain tiettyyn hyötyeliöryhmään, kuten pölyttäjiin kohdistuvien haittavaikutusten minimointiin, eikä laajempaa arviointia suoriteta. Esimerkiksi eläimistölle subletaaleja vaikutuksia ei ole vaadittu haittojen arvioinnin osana.

Torjunta-aineiden käyttö saattaa tulevaisuudessa vähentyä. On mahdollista, että maatalouden tuotantopanosten markkinat ovat Suomessa joissain tilanteissa liian pienet. Kasvinsuojeluaineen valmistajan tai maahantuojan ei ole kannattavaa hakea myyntilupaa, jos myynnin odotetaan jäävän kovin pieneksi. Luomuviljely on lisännyt tasaisesti suosiotaan. Viljelijälle luomuun siirtymien voi olla monen tekijän yhteisvaikutus, mutta viime aikoina maatalouden yleisesti heikon kannattavuuden takia tuotanto on siirtynyt kohti laajaperäisempään mallia, jossa tuotantopanoksia kuten lannoitteita ja torjunta-aineita käytetään vähemmän. Vaikka luomuviljelyn ympäristövaikutuksista ei ole saatu selkeää näyttöä peltolinnustolla (Piha ym. 2007), on selvää, että torjunta-aineiden jääminen pois lisää peltoluonnon monimuotoisuutta.

Ilmastonmuutos, hyönteiskato ja muu huoli biodiversiteetin katoamisesta on saanut päättäjät, viljelijät ja kansalaisryhmät tarttumaan toimeen. Vaihtelevat kasvukaudet, tulvat, kuivuus ja huono kannattavuus on herättänyt monet viljelijät muuttamaan viljelykäytäntöjä. Samalla kestävän ruuantuotannon ja omavaraisuuden säilyttäminen on nostanut viljelijöiden arvostusta. Nämä asiat tulevat varmasti näkymään tulevissa maataloustukiohjelmissa.

Miten viljelykäytäntöjen muutos ja Euroopan yhteisen maatalouspolitiikan uudet ilmasto- ja ympäristötoimet sekä ekojärjestelmät tulevat vaikuttamaan maaseutuympäristöön? Monimuotoisuuden kannalta paikallisesti mukautuva järjestelmä olisi ketterä. Usein nämä jähmettyvät hallinnossa eikä tavoitteita saavuteta. Valoisampi vaihtoehto on, että viljelijät innostetaan monimuotoisuuden hoitoon,

jolloin toimet kohdistuvat ruohonjuuritasolle, jossa peltosirkkujenkin pesimätulos määräytyy. Mahdollisesti ilmastonmuutoksen torjuntaan liittyvä hiilensidonta tai erilaisista ekosysteemipalveluista (pölyttäjien edistäminen mesikasvien viljelyn avulla, maiseman pitäminen avoimena, perinnebiotooppien hoito) saatavat korvaukset saisivat viljelijät edistämään monimuotoisen ja pienipiirteisen maaseutu ympäristön muodostumista.

Mielenkiintoinen maailmanlaajuinen trendi on uudistavan viljelytavan (regenerative farming) nousu. Viljelyssä pyritään ohjailemaan luontaisia prosesseja mahdollisimman vähäisin peltoekosysteemille koituvien häiriöiden. Maatalousympäristön linnuston kannalta ajateltuna keinovalikoima kuulostaa lupaavalta. Torjunta-aineiden käytön välttäminen ja keinolannoituksen minimointi tai korvaaminen eloperäisillä lannoitteilla nähdään maan kasvukunnon kehittymisen kannalta positiivisina tekijöinä. Tarkoitus on myös välttää usein tuhoille alttiita monokulttuureja, ja suosia ympärivuotista kasvipeitettä nurmien, syysviljojen ja erilaisten välikasvustojen avulla. Erityisen mielenkiintoinen on suunnitelmallinen seosviljelyn lisääminen. Siinä tarkoin harkitut kumppanuuskasvit esimerkiksi hyödyttävät toistensa kasvua, vievät elintilaa rikkakasveilta tai houkuttelevat pölyttäjiä. Siis lisätään peltolohkon sisäistä monimuotoisuutta, jonka selvittäminen ei tämän tutkimuksen aineistolla ole mahdollista. Uudistavan viljelyn menetelmissä on myös uhkakuvia. Peltosirkun on todettu hyötyvän paljaasta kasvipeitteettömästä viljelysmaasta. Jotta rikkakasvit eivät runsastuisi, pitää viljelykasvin kasvuston olla tiheä Elts ym. (2015) havaitsivat peltosirkun suosivan kasvutiheydeltään harvempia kasvustoja.

Koneellisessa maataloudessa lohkokoon kasvu ja pientareiden väheneminen näyttää vääjäämättömältä. Olisiko monilajisempi, vaikkakin laaja, peltolohko monokulttuuria houkuttelevampi ruokailupaikka peltolinnuille? Todennäköisesti, jos tuholaisia ei torjuta haitallisilla ja pysyvillä torjunta-aineilla. Koneista voisi olla hyötyä myös peltolinnuston tutkimukselle. Viljelytöissä pelloilla liikutaan useasti kasvukauden aikana ja nk. täsmäviljelyn myötä kasvustojen tilasta kerätään erilaisilla antureilla tietoa. Kokeilu- ja kehityshankkeen myötä tällaisia tarkkoja tietoja voisi päästä hyödyntämään myös peltosirkun reviirien ja ekologian tutkimisessa.

4.5 Johtopäätökset

Peltosirkun kannankehityksen taustalla olevia populaatioekologisia tekijöitä ei tunneta tarkasti, mutta syiden voi vahvasti arvella olevan heikentyneessä poikastuotossa (Jiguet ym. 2019, Nousiainen 2020). Tässä tutkimuksessa osoitimme, että öljykasvin ja sokerijuurikkaan viljelyllä on yhteys peltosirkun reviirien vähenemiseen. Tämä yhteys voi johtua neonikotinoidipeitauksesta, joka on ollut käytössä molemmilla kasviryhmillä. Neonikotinoidien toksisuus tai epäsuorasti ravinnon saatavuuden väheneminen voi vaikuttaa peltosirkun pesimätulokseen. Torjunta-aineiden yhdysvaikutuksesta tai tiettyjen lajien alttiudesta torjunta-aineille ei ole tutkimustietoa. Torjunta-ainejäämien seurannalle tulisi luoda ohjelma, jossa ko. aineiden esiintymistä kartoitettaisiin maaseutu ympäristössä, varsinkin eri tuotantomuotojen

välillä. Osana kartoitusta linnuilta voitaisiin kerätä uloste-, kudos- tai verinäytteitä. Lisäksi olisi tärkeää kartoittaa jäämien esiintymistä myös muista elinympäristöistä kuin maatalousympäristöstä.

Peltosirkun pelastamiseksi uhkaavalta sukupuutolta, on syytä tehdä lajille ripeästi suojelusuunnitelma. Suojelutoimenpiteiden pitää perustua tutkittuun tietoon. Sitä varten suojelusuunnitelman pitää sisältää tutkimusta lajin pesimäbiologiasta Suomessa, mikä on välttämätöntä populaatiodynamiikan ymmärtämiseksi. Muun muassa ruokailupaikoista ja ravinnon koostumuksesta sekä pesiin kohdistuvasta predaatiosta, ja sen eroista eri maantieteellisillä alueilla tai elinympäristöissä, tarvitaan lisää tietoa. Uhanalaisen lajin suojelutoimet kannattaa kohdistaa vahvan kannan alueille. Kannankehitykseen yhteydessä olevien tekijöiden selvittäminen lajin suojelemiseksi edistää muidenkin maaseutuympäristön lajien selviytymistä tulevaisuudessa.

Yksi ratkaisu voisi olla joukkoistaa tutkimusta erilaisilla kokeiluhankkeilla. Tukijärjestelmien kautta viljelijöitä voisi kannustaa luomaan yhteyden tutkimusmaailmaan. Vuonna 2015 alkaneella ympäristötukikaudella uusi toimenpide, kurki- hanhi- ja joutsenpellot, saavutti suuren suosion. Viljelijöillä on halua edistää maaseutuympäristön hyvinvointia. Nykyisissä tukijärjestelmissä viljelijää velvoitetaan esimerkiksi jättämään tietty ala pelloista kesannolle, mikä hyödyttää peltolintuja, mutta ei pelasta kaikkia lajeja (Ekroos ym. 2019). Mielipidemittausten mukaan viljelijät kokevat syyllisyyttä, kun maaseudun ympäristöohjelmat eivät ole auttaneet riittävästi vesiensuojelussa suurista rahallisista panostuksista huolimatta. Sama huoli on myös maatalousympäristön monimuotoisuuden ja ympäristöohjelmien kanssa. Kohdentamalla toimia tarkemmin tutkijoiden suositusten mukaan, maatalousympäristössä olisi mahdollista lisätä peltolinnuston monimuotoisuutta. Peltosirkun vahvan kannan alueilla viljelijä voisi esimerkiksi saada korvausta muodostamalla useampia kasvulohkoja ja lisätä elinympäristöjen kirjoa lauluryhmän alueelle. Näin voisimme saada tuloksia nopeasti sekä tutkimukseen että peltosirkun suojeluun.

5. KIITOKSET

Kiitos ohjaajilleni Markus Pihalle ja Sirke Piiraiselle mahdollisuudesta palata takaisin peltosirkun pariin ja saada gradu valmiiksi nopealla aikataululla pandemian keskellä. Iso kiitos!

Kiitos Lotta Kailalle ja Pasi Mattilalle kasvinsuojeluaineisiin liittyvistä keskusteluista. Kiitos myös monille kannustajille, työnantajalle opintovapaasta ja Minnalle, Aarnelle ja Ellille työrauhasta. Minna, Kirsi ja Terhi, apu oikoluvussa ja kommentteissa oli tarpeen.

Kiitän myös Amanda ja Juho Nivelan säätiötä saamastani tuesta maatalousympäristöön ja peltolinnustoon liittyvissä opinnoissa ja tutkimuksissa.

6. LÄHDEVIITTEET

- Alanko A.-M., Autio, S., Huusela-Veistola, E., Jalli, H., Jalli, M., Junnila, S., Markkula, I., Mäkinen, T., Räsänen, K. & Tiilikkala, K. 2013. Integroitu kasvinsuojelu (IPM) ja riskienhallinta viljanviljelyssä. *MTT Raportti 107*. — MTT, Jokioinen.
- Barton, K. (2019). MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.43.15.
[verkkodokumentti] <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>. viitattu 23.1.2020
- Benton, T.G., Vickery, J.A., Wilson, J.D. 2003. Farmland biodiversity and abundance: a meta-analysis. — *J.Appl.Ecol.* 42:261–269.
- Byholm, P., Mäkeläinen, S., Santangeli, A. & Goulson, D. 2018. First evidence of neonicotinoid residues in a long-distance migratory raptor, the European honey buzzard (*Pernis apivorus*). — *Sci. Total Environ.* 639: 929–933.
- Cramp, S. & Perrins, C. M. (toim.) 1994: *Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa: the birds of the Western Palearctic. Vol. 9, Buntings and new world warblers*. Oxford University Press, Oxford.
- Dale, S., Lunde, A. & Steifetten, Ø. 2005: Longer breeding dispersal than natal dispersal in the ortolan bunting. — *Behav. Ecol.* 16: 20–24.
- Ekroos J., Tiainen, J., Seimola, T. & Herzon I. 2019. Weak effects of farming practices corresponding to agricultural greening measures on farmland bird diversity in boreal landscapes. — *Lands. Ecol* 34:389–402.
- Eltis, J., Tätté, K. & Marja, R. 2015. What are important landscape components for habitat selection of the ortolan bunting *Emberiza hortulana* in northern limit of range? — *Eur.J.Ecol* 1:13–25.
- Eng, M.L., Stutchbury, B.J.M. & Morrissey, C.A., 2017. Imidacloprid and chlorpyrifos insecticides impair migratory ability in a seed-eating songbird. — *Sci. Rep.* 7:15176.
- Eng, M.L., Stutchbury, B.J.M. & Morrissey, C.A., 2019. A neonicotinoid insecticide reduces fueling and delays migration in songbirds. — *Science.* 365: 1177–1180.
- Fournier, D.A., Skaug, H.J., Ancheta, J., Ianelli, J., Magnusson, A., Maunder, M., Nielsen, A. & Sibert J 2012. AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models.” — *Optim. Methods Softw.*, 27:233–249.

- Gibbons, D., Morrissey, C. & Mineau, P., 2015. A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. — *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22:103-118
- Goulson, D., 2013. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. — *J. Appl. Ecol.* 50: 977–987.
- Goulson, D., 2014. Ecology: pesticides linked to bird declines. — *Nature* 511: 295–296.
- Green, R.E., Cornell, S.J., Scharlemann, J.P.W. & Balmford, A. 2005 Farming and the fate of wild nature. — *Science* 307: 550–555.
- von Haartman, L. 1969: The nesting habits of Finnish birds. 1. Passeriformes. — *Commentationes Biologicae, Societas Scientiarum Fennica* 32: 1–187
- Hallman, C., Foppen, R.P.B., van Turnhout, C.A.M., de Kroon, H. & Jongelans, E., 2014. Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. — *Nature* 511: 341–343.
- Hokkanen, H., M. T., Menzler-Hokkanen, I. & Keva, M. 2017. Long-term yield trends of insect-pollinated crops vary regionally and are linked to neonicotinoid use, landscape complexity, and availability of pollinators. — *Arthropod-Plant Interactions* 11:449–461
- Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim) 2019: *Suomen lajien uhanalaisuus: punainen kirja 2019* — *The 2019 red list of Finnish species*. Ympäristöministeriö, Helsinki.
- Jiguet, F., Arlettaz, R., Bauer, H.-G., Belik, V., Copete, J. L., Couzi, L., Czajkowski, M. A., Dale, S., Dombrovski, V., Elts, J., Ferrand, Y., Hargues, R., Kirwan, G. M., Minkevicius, S., Piha, M., Selstam, G., Skierczyński, M., Sibley, J.-P. & Sokolov, A. 2016: An update of the European breeding population sizes and trends of the Ortolan Bunting (*Emberiza hortulana*). — *Ornis Fenn.* 93: 186–196.
- Jiguet, F., Robert, A., Lorrillière, R., Hobson, K. A., Kardynal, K. J., Arlettaz, R., Bairlein, F., Belik, V., Bernardy, P., Copete, J. L., Czajkowski, M. A., Dale, S., Dombrovski, V., Ducros, D., Efrat, R., Elts, J., Ferrand, Y., Marja, R., Minkevicius, S., Olsson, P., Pérez, M., Piha, M., Raković, M., Schmaljohann, H., Seimola, T., Selstam, G., Sibley, J.-P., Skierczyński, M., Sokolov, A., Sondell, J. & Moussy, C. 2019: Unravelling migration connectivity reveals unsustainable hunting of the declining ortolan bunting. — *Sci. Adv.* 5: eaau2642
- Jeschke, P., Nauen, R., Schindler, M. & Elbert, A., 2011. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. — *J. Agric. Food Chem.* 59: 2897–2908.

- Ketola, J., Hakala, K., Ruottinen, L., Ojanen, H., Rämö, S., Jauhiainen, L., Raiskio, S., Kukkola, M., Heinikainen, S. & Pelkonen, S., 2015. The impact of the use of neonicotinoid insecticides on honey bees in the cultivation of spring oilseed crops in Finland in 2013–2015. *Natural Resources and Bioeconomy Studies* 73/2015. LUKE, Helsinki
- Krebs, J.F., Wilson, J.D., Bradbury, R.D. & Siriwardena, G.M. 1999 The second silent spring? — *Nature* 400: 611–612.
- Lopez-Antia, A., Ortiz-Santaliestra, M.E., Mougeot, F. & Mateo, R., 2015. Imidacloprid-treated seed ingestion has lethal effect on adult partridges and reduces both breeding investment and offspring immunity. — *Environ. Res.* 136:97–107.
- LUKE 2020, [PX-WEB tilastotietokanta]: Käytössä oleva maatalousmaa.
<http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE> (viitattu 16.10.2020)
- MA9 Maatalousympäristöjen pesimälinnut. [verkkodokumentti] 29.02.2016 (päivitetty).
<http://www.luonnontila.fi/fi/indikaattorit/maatalousymparistot/ma8-maatalousymparistojen-pesimalinnut> (viitattu 26.10.2020.)
- Millot, F., Decors, A., Mastain, O., Quintaine, T., Berny, P., Vey, D., Lasseur, R. & Bro, E., 2017. Field evidence of bird poisonings by imidacloprid-treated seeds: a review of incidents reported by the French SAGIR network from 1995 to 2014. — *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24: 5469–5485.
- Moussy, C., Arlettaz, R., Copete, J. L., Dale, S., Dombrovski, V., Elts, J., Lorrillière, R., Marja, R., Pasquet, E., Piha, M., Seimola, T., Selstam, G. & Jiguet, F. 2018: The genetic structure of the European breeding populations of a declining farmland bird, the ortolan bunting (*Emberiza hortulana*), reveals conservation priorities. — *Conserv. Genet.* 19, 909–922.
- MTK 2020: *RypsiRapsi 2025 -hanke*. Öljykasvinviljelyn kehittämishanke. [verkkodokumentti]
https://www.mtk.fi/-/rypsirapsi_hanke (viitattu 17.10.2020)
- Niskanen, O. & Lehtonen, E. 2014 Maatilojen tilusrakenne ja pellonraivaus Suomessa 2000-luvulla. *MTT Raportti* 150. MTT, Jokioinen.
- Nousiainen, I. 2020: *Sinne ja takaisin — aikuisten peltosirkkukoiraiden (Emberiza hortulana Linnaeus, 1758) elosssäilyvyys Suomessa vuosina 2013–2019*. Pro gradu –tutkielma, Helsingin yliopisto.
- Potts, G.R., Aebischer, N.J. 1995. Population dynamics of grey partridge *Perdix perdix* 1793–1993: monitoring, modelling and management. — *Ibis* 137:29–37.

- Ruokavirasto: Tuenhakijan perusopas 2020 [verkkojulkaisu]
<https://ruokavirasto.mobiezone.fi/zine/618/toc> (viitattu 30.6.2020)
- Skaug, H., Fournier, D., Bolker, B., Magnusson, A. & Nielsen A. [verkkodokumentti] (päivitetty 19.1.2016) Generalized Linear Mixed Models using 'AD Model Builder. R package version 0.8.3.3. <http://glmmadmb.r-forge.r-project.org>.
- Taylor, R.L., Maxwell, B.D. & Boik, R.J. 2006. Indirect effects of herbicides on bird food resources and beneficial arthropods. — *Agric, Ecosyst and Environ* 116:157–164.
- Tiainen, J. & Pakkala, T. 2000: Population changes and monitoring of farmland birds in Finland — Teoksessa: Solonen, T. & Lammi, E. (toim.), *Linnut-vuosikirja* 1999: 98–105. BirdLife Suomi, Luonnontieteellinen keskusmuseo ja Suomen ympäristökeskus. Helsinki
- Tiainen, J. & Pakkala, T. 2001. Birds —Teoksessa: Pitkänen, M., Tiainen, J.(toim.) *Biodiversity of agricultural landscapes in Finland*. 30–55. BirdLife Finland Conservation Series No3. Yliopistopaino, Helsinki
- Tsvetkov, N., Samson-Robert, O., Sood, K., Patel, H.S., Malena, D.A., Gajiwala, P.H., Maciukiewicz, P., Fournier, V., Zayed, A., 2017. Chronic exposure to neonicotinoids reduces honey bee health near corn crops. — *Science* 356, 1395–1397.
- Tucker, G.M. & Heath, M.F. 1994: *Birds in Europe: their conservation status* —U.K.: BirdLife International (BirdLife Conservation Series no. 3).
- Tukes 2015, Tukesilta poikkeuslupa neonicotinoideja sisältävien kasvinsuojeluaineiden käyttöön [verkkodokumentti]. Turvallisuus ja Kemikaalivirasto Tukes. URL <https://tukes.fi/en/-/tukesilta-poikkeuslupa-neonicotinoideja-sisaltavien-kasvinsuojeluaineiden-kaytto>- (viitattu 16.10.20).
- Tukes 2018, Neonicotinoideja korvataan öljykasvinviljelyssä [verkkodokumentti]. Turvallisuus ja Kemikaalivirasto Tukes. URL <https://tukes.fi/-/neonicotinoideja-korvataan-oljykasvien-kasvinsuojelussa> (viitattu 16.10.20).
- Vepsäläinen, V., Pakkala, T., Piha, M. & Tiainen, J. 2005: Population crash of the ortolan bunting *Emberiza hortulana* in agricultural landscapes of southern Finland. —*Ann. Zool Fennici* 42:91–107.
- Vepsäläinen, V., Pakkala, T., Piha, M. & Tiainen, J. 2007: The importance of breeding groups for territory occupation in a declining population of a farmland passerine bird. —*Ann. Zool Fennici* 44:8–19.

- Vickery, J.A., Tallowin, J.R., Feber, R.E., Asteraki, P.W., Fuller, R.J. & Brown V.K. 2001: The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their food resources. — *J. Appl. Ecol.* 38: 647–664.
- VYR 2017. Rypsin ja rapsin viljelyopas: Kasvinsuojelu. [verkkodokumentti] Vilja-alan yhteistyöryhmä. <https://www.vyr.fi/rypsin-ja-rapsin-viljelyopas/rypsin-ja-rapsin-viljelyopas/> (viitattu 16.10.2020)
- Väisänen, R.A. & Lehtikoinen, A. 2013: Suomen maalinuston pesimäkannan vaihtelut vuosina 1975–2012 — *Linnut vuosikirja* 2013:62–81.
- Wilson, J.D., Morris, A.J., Arroyo, B.E., Clarck, S.C. & Bradbury, R.B. 1999: A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agriculture change — *Agric. Ecosyst. Environ.* 75:13–30